3829

Lane Medical Library

Aus der Experimentell-biologischen Abteilung des Königlichen Pathologischen Instituts der Universität Berlin.

Die Oberflächenspannung von Körpersäften unter normalen und pathologischen Bedingungen.

INAUGURAL-DISSERTATION

WELCHE

ZUR ERLANGUNG DER DOCTORWÜRDE

IN DER

MEDICIN UND CHIRURGIE

MIT ZUSTIMMUNG

DER MEDICINISCHEN FACULTÄT

DER

FRIEDRICH-WILHELMS-UNIVERSITÄT ZU BERLIN

am 2. August 1907

NEBST DEN BEIGEFÜGTEN THESEN

ÖFFENTLICH VERTEIDIGEN WIRD

DIE VERFASSERIN

Sara Kascher

aus Warschau.

OPPONENTEN:

Herr Dr. med. Bodländer.

— Dr. med. Maniewitsch.

— Dr. med. Thursch.

Berlin.

Druck von E. Ebering

Mittelstrasse 29.

Gedruckt mit Genehmigung der medizinischen Fakultät der Universität Berlin.

Referent: Geh. Med.-Rat Prof. Dr. Orth.

Meinen lieben Schwestern.

Einleitung.

Der gewaltige Aufschwung, den die physikalische Chemie in den letzten Dezennien genommen hat, liess auch die Medizin nicht unberührt, indem die exakten Forschungsmethoden, welche die genannte Disziplin zeitigte, sich rasch Eingang in die normale und pathologische Physiologie verschafften. Der Vorteil, den gerade die physikalisch-chemische Methodik vor anderen Untersuchungsarten bietet, beruht in erster Linie darauf, dass es möglich ist, mit ihrer Hülfe die Körpersäfte zu untersuchen ohne ihre Integrität wesentlich anzutasten.

Wenn man auch zugeben muss, dass nicht alle Hoffnungen, die sich an die Einführung dieser Methodik in die Medizin knüpften, in Erfüllung gegangen sind, so lässt sich doch nicht leugnen, dass wir der physikalischen Chemie eine ganze Reihe wichtiger Aufschlüsse über das Geschehen im normalen und kranken Organismus zu verdanken haben.

In der vorliegenden Arbeit möchte ich über einige physikalisch-chemische Untersuchungen berichten, die ich an verschiedenen normalen und pathologischen Körperflüssigkeiten ausgeführt habe.

Es handelt sich um die Bestimmung der Oberflächenspannung. Gerade diese Methode hat sich erst in der jüngsten Zeit den bis jetzt gebräuchlichsten Methoden der physikalischen Chemie in der Medizin, der Bestimmung des Gefrierpunktes, der elektrischen Leitfähigkeit, der Wasserstoffionenkonzentration usw. zugesellt.

Meine Untersuchungen erstrecken sich auf das Blut, den Speichel, Magensaft, Pankreassaft, Galle, Ascitesflüssigkeit und Gewebspresssäfte.

Eine kurze Zusammenfassung einiger Resultate, meiner physikalisch-chemischen Untersuchungen an diesen Körperflüssigkeiten ist in den Sitzungsberichten des Vereins für innere Medizin zu Berlin im Jahre 1905 publiziert worden.

Hauptteil.

Wie ich bereits in der Einleitung erwähnt habe, ist die Untersuchung der Oberflächenspannung von Körperflüssigkeiten erst neuerdings in die Medizin eingeführt worden.

Was die Physik unter Oberflächenspannung versteht, erhellt aus Folgendem: Wenn wir die Arbeit, die zur Bildung einer Oberfläche erforderlich ist, „ε“, die Grösse der Oberfläche „ω“ nennen, so zeigt sich, dass die Arbeit „ε“ einmal proportional der Fläche „ω“ ist, dass sie aber ausserdem abhängt von einem unbekannten Faktor γ, der durch die Natur des Stoffes und die Temperatur bedingt ist.

Es ergibt sich also die Gleichung

$$\varepsilon = \omega\gamma;$$

und daraus folgt die Definition der Oberflächenspannung:

$$\gamma = \frac{\varepsilon}{\omega}$$

Der Koeffizient γ ist aus dem Grund von grossem Interesse, weil er in engstem Zusammenhange mit den sogenannten molekularen Eigenschaften der Stoffe steht. Um ihn zu bestimmen, benutzt man das Verfahren der kapillaren Steighöhen, die Tropfmethode und die Druckmethode.

Wenn auch alle diese Methoden gewisse Fehlerquellen in sich schliessen, so sind sie doch für praktische Zwecke hinreichend genau und es eignet sich die Tropfmethode wegen der Einfachheit ihrer Ausführung für physiologische Untersuchungen in besonderem Masse.

Die Tropfmethode beruht nämlich auf der Tatsache, dass ein an einer horizontalen Kreisfläche gebildeter Tropfen

abreisst, wenn sein Gewicht gleich dem Produkte aus der Oberflächenspannung und dem Umfange der Tropfenbasis geworden ist.

Benutzt man stets die nämliche Abreissfläche, so ist das Gewicht des Tropfens der Oberflächenspannung proportional.

Der Mangel dieses an sich äusserst bequemen Verfahrens der Bestimmung beruht darin, dass niemals der ganze Tropfen abfällt, sondern stets eine Flüssigkeitsmenge an der Abtropffläche hängen bleibt, deren Betrag von der Flächengrösse und der Oberflächenspannung abhängig ist. Wenn man also das Tropfengewicht durch Auffangen und Wägen der abgefallenen Tropfen bestimmen will, so erhält man stets zu kleine Werte, und da der hängenbleibende Anteil dem Gesamtgewicht nicht proportional ist, so sind die Werte auch kein relatives Mass der Oberflächenspannung. Um zu richtigen Werten zu gelangen,muss man nicht das Gewicht des abgefallenen, sondern das des hängenden Tropfens bestimmen. (Ostwald u. Luther, Hand- und Hülfsbuch zur Ausführung physikalisch-chemischer Messungen. Leipzig 1902.)

Für physiologische Untersuchungen dürfte indessen die Tropfmethode hinreichend genaue Resultate liefern. Besonders werden die Fehlerquellen reduziert, wenn man verhindert, dass die Tropfenbildung zu rasch erfolgt. Lohnstein hat über diesen Punkt in seinen beiden Aufsätzen „Zur Theorie des Abtropfens“ in den Annalen der Physik 1906 eingehende Versuche gemacht.

Schon im Jahre 1901 bestimmten Bardier und Cluzet die Oberflächenspannung einiger Körperflüssigkeiten. Diese Autoren geben an, dass anorganische Bestandteile die Oberflächenspannung in tierischen Flüssigkeiten erhöhen, während organische Bestandteile sie herabsetzen. Im allgemeinen haben die Körpersäfte eine ähnliche Oberflächenspannung wie Wasser; Blutserum, Pericardialflüssigkeit, Cerebro-Spinal-

flüssigkeit, Submaxillarisspeichel, Chordaspeichel, Pancreassaft, Magensaft, Urin, Milch, Parotisspeichel, Galle haben eine geringere Spannung, während der humor aqueus eine höhere als Wasser hat. In den folgenden Jahren bestimmte Buffa die Oberflächenspannung des Blutserums beim Hund und Esel und fand, dass durch Kochsalzinjektionen eine Erhöhung derselben herbeigeführt wird. Billard und Mally teilten in demselben Jahre Untersuchungen über die Oberflächenspannung des Harns mit, während O. Grünbaum die Bestimmung von gallensauren Salzen im Urin mit Hülfe der Untersuchung der Oberflächenspannung anstrebte.

In den letzten Jahren hat Traube sich besonders mit der Ausbildung der Tropfmethode zur Bestimmung der Oberflächenspannung beschäftigt und diese Methode physiologisch verwertet. Wie schon gesagt, ist sie trotz der ihr anhaftenden Fehlerquellen wohl genau genug, um uns über die Oberflächenspannung der verschiedenen Körpersäfte zu unterrichten und uns die Abweichungen kennen zu lehren, die unter pathologischen Verhältnissen die Oberflächenspannung dieser Flüssigkeiten erkennen lässt.

Der Anlass, die Untersuchung der Oberflächenspannung auf die Physiologie auszudehnen, war für Traube durch seine Auffassung von der Bedeutung des Oberflächendrucks für die Erklärung der sogenannten osmotischen Vorgänge gegeben.

Wenn auch gegen diese Traube'sche Theorie der Osmose gerade von Seiten der Physiker und Chemiker begründete Einwände erhoben wurden und ihr die allgemeine Anerkennung bisher nicht zu Teil ward, so ist damit doch gegen die Untersuchung der Oberflächenspannung von Körpersäften an sich nichts gesagt und die Feststellung dieser physikalischen Eigenschaft der betreffenden Flüssigkeiten ist vom naturwissenschaftlichen Standpunkte eine ebenso berechtigte und notwendige Forderung, wie z. B. die Bestimmung des spezifischen Gewichts, von dem die Oberflächen-

spannung gemissermassen eine Funktion darstellt. Die genaue Kenntnis aller physikalischen Eigenschaften des Körpers und seiner Elemente ist ebenso wichtig für die Reconstruktion des Baues und des Funktionsablaufes eines lebendigen Organismus, wie z. B. die Darlegung seines Stoffumsatzes. Physik und Chemie müssen bei der physiologischen Forschung Hand in Hand gehen, wollen wir ein vollständiges Bild des Körpers erhalten.

Wenn man nach alledem auch nicht der Theorie Traube's ohne weiteres zustimmen kann, so verdient sie doch etwas ausführlicher dargestellt zu werden, weil gerade sie den Anstoss gegeben hat, dass Traube die Untersuchung der Oberflächenspannung auf die Medizin ausdehnte.

In seinen Arbeiten: „Theorie der Osmose und Narkose", wie „Der Oberflächendruck und seine Bedeutung im Organismus" entwickelt Traube folgende Gedanken über die treibenden Kräfte, die den osmotischen Prozessen zu Grunde liegen.

Nicht der osmotische Druck, sondern der Oberflächendruck ist es, von dem nach Traube die osmotischen Vorgänge abhängig sind. Unter Oberflächendruck versteht er die Differenz der Oberflächenspannung zweier durch eine Membran getrennter Flüssigkeiten. Die Oberflächenspannung einer Flüssigkeit rührt daher, dass infolge der Kohäsion die Teilchen, welche die Oberfläche bilden, nach innen gezogen werden; da aber die Kohäsion verschiedener Flüssigkeiten variiert, so hat auch die Oberflächenspannung dementsprechend eine wechselnde Grösse. Von zwei sich berührenden verschiedenen Flüssigkeiten wird diejenige in die andere diffundieren, deren Oberfläche vom Inneren der Flüssigkeit heraus die geringere Anziehung erfährt, mit anderen Worten, deren Oberflächenspannung kleiner ist. Aus alledem folgt, dass der Oberflächendruck durchaus verschieden sein muss von dem osmotischen Druck, denn eine gleiche Anzahl von Molekülen bezw. Joen haben zwar den

gleichen Einfluss auf den osmotischen Druck, aber keineswegs auf den Oberflächendruck. Dieser letztere, der der Differenz der Oberflächenspannung entspricht, hängt ja, wie gesagt, von der Kraft der inneren Anziehung der kleinsten Teilchen der Flüssigkeiten und darum nicht von ihrer Zahl ab.

Wenn ich nunmehr zu den physiologischen Untersuchungen über die Oberflächenspannung übergehe, so scheint es zunächst angezeigt, einige Bemerkungen über die Arbeitsmethode vorauszuschicken.

Ich habe die Oberflächenspannung mittels des von Traube angegebenen Stalagmometers bestimmt. Dieser Apparat beruht auf folgendem Prinzip; aus einer Glasröhre von bestimmter Kapacität lässt man die zu untersuchende Flüssigkeit austropfen und stellt die Zahl der Tropfen fest, nachdem die Röhre in entsprechender Weise geaicht worden ist. Es wird dann die Tropfenzahl der zu untersuchenden Flüssigkeit mit derjenigen des destillierten Wassers verglichen. Die Tropfenzahl steht in einem bestimmten Verhältnis zu der Oberflächenspannung. Je grösser die Tropfenzahl, um so niedriger ist die Oberflächenspannung.

Die Oberflächenspannung des Blutes unter normalen und pathologischen Bedingungen.

Abgesehen von den oben zitierten Autoren haben Traube und Blumenthal das Blut vom normalen Menschen, Schweine, Kaninchen, Meerschweinchen, Huhn und Rind untersucht und fanden, dass die Oberflächenspannung dieser verschiedenen Blutarten innerhalb gewisser naheliegender Grenzen schwankt (54,7 bis 60,9 Tropfen bei einem Stalagmometer, das für Wasser 48 Tropfen bei Zimmertemperatur anzeigte.)

Meine Beobachtungen stimmen mit diesen Angaben nicht ganz überein. Ich habe gefunden, dass die Oberflächenspan-

nung vom Gesamtblut, dessen Gerinnung ich durch Zusatz von etwas Natrium-Oxalatlösung verhindert habe, den nämlichen Wert besitzt, wie die Oberflächenspannung des von einer anderen Portion dieses Blutes gewonnenen Serums. Man kann daher, um die Oberflächenspannung des Blutes zu bestimmen, sich auf die Untersuchung des Serums beschränken. Diese Serumuntersuchung ist aber genauer, als die Untersuchung des Gesamtblutes, denn man kann sich bei der Serumuntersuchung eines kleineren Stalagmometers bedienen, bei dem die Ablesung feiner ist als bei den grösseren Stalagmometern. Diesen letzteren kann man bei der Untersuchung des Gesamtblutes nicht entgehen. Ueberdies geben Traube und Blumenthal selbst zu, dass durch teilweise Coagulation, die sich immer im Blute einstellt, Fehler bei der Bestimmung des Gesamtblutes hervorgerufen werden.

Bei meinen eigenen Experimenten überzeugte ich mich zunächst, dass in reinem Wasser fein suspendierte Teilchen keine Veränderung in der Oberflächenspannung bedingen.

Versuch: Destilliertem Wasser, das eine Oberflächenspannung von **21,1** Tropfen besass, wurde Zinnober hinzugefügt; die Tropfenzahl dieser Suspension betrug **21,2**.

Dass auch zwischen Serum, das sich einfach abgesetzt hat, und solchem, das obendrein energisch zentrifugiert wurde, kein Unterschied in der Tropfenzahl besteht, zeigt folgender Versuch. Serum vom Blut eines Kaninchens entnommen aus der a. cruralis zeigte Tropfenzahlen:

24,4
24,3
24,5

Dasselbe Serum centrifugiert zeigte

24,2
24,3

Die Intendität der Oberflächenspannung des Gesamtblutes mit derjenigen des Serums ergibt sich aus folgenden Versuchen.

Versuch 1: Aus der linken a. crualis eines normalen Kaninchens (A) wurde Blut entnommen; 9 ccm dieses Blutes liess man unmittelbar aus der Arterie in 1 ccm einer 20 % Na-Oxalatlösung laufen. Eine andere Portion des Blutes wurde zur Serumgewinnung verwandt. Das benutzte Stalagmometer hatte eine Tropfenzahl für destilliertes Wasser von 46,8, für die Natrium-Oxalatlösung von 46,5.

Drei von dem Gesamtblut ausgeführte Bestimmungen ergaben:

50,5 Tropfen
51,2 „
51,0 „

Drei Bestimmungen des Serums ergaben:

50,5 Tropfen
50,0 „
50,0 „

Versuch 2: Aus der a. carotis eines normalen Kaninchens (B) wurde Blut entnommen; 25 ccm dieses Blutes liess man unmittelbar in 5 ccm der 20 % Natrium-Oxalatlösung laufen.

Ein anderer Teil wurde zu Serumgewinnung benutzt. Mit demselben Stalagmometer wie bei Versuch 1, fanden sich für das Gesamtblut:

50,5 Tropfen
50,3 „

für das Serum

50,0 Tropfen
50,0 „
50,0 „

Wie vorsichtig man bei der Bestimmung des Gesamtblutes mit dem grossen Stalagmometer sein muss und wie leicht man fehlerhafte Resultate erhalten kann, wenn man nicht alle Vorsichtsmassregeln beobachtet, auf die hier im Einzelnen hinzuweisen zu weit führen würde, geht aus folgender Beobachtung hervor. Ich führte bei dem mit Natrium-Oxalat-

lösung versetzten Gesamtblut unmittelbar hintereinander eine Serie von Bestimmungen aus, die ersten etwas weniger achtsam, als die späteren, da ich mich erst allmählich in die Untersuchungstechnik einarbeiten musste. Ich erhielt folgende Zahlen:

1.	Bestimmung	54,9	Tropfen
2.	„	53,5	„
3.	„	52,0	„
4.	„	52,5	„
5.	„	51,0	„
6.	„	50,5	„
7.	„	51,2	„
8.	„	52,0	„

Daraus geht hervor, dass man die bei der Anwendung des grossen Stalagmometers sich einstellenden Fehlerquellen doch durch bessere Handhabung der Technik bis auf die durch die Beschaffenheit der untersuchten Blutflüssigkeit bedingten Fehler reducieren kann.

In den folgenden Tabellen teile ich nun zunächst die Werte mit, die ich bei der Untersuchung des Blutserums verschiedener Tiere erhalten habe. Diese, wie alle übrigen Untersuchungen wurden bei Zimmertemperatur ausgeführt. Das benutzte Stalagmometer hatte für destilliertes Wasser eine Tropfenzahl von **21,1**.

Sera normaler Kaninchen.

No. der Kaninchen	Tropfenzahl
1. Kaninchen	23,9
	23,7
2. „	24,0
3. „	24,2
	24,3
4. „	24,0
	23,9
	23,9

5. Kaninchen	24,0
	23,9
6. „	24,0
	24,2
7. „	24,0
	24,0
8. „	24,2
	24,0
	24,1
9. „	23,9
	24,0
10. „	24,5
	24,5
11. „	23,9
	24,0
12. „	24,1
	23,8
13. „	24,0
	24,1
14. „	24,2

Sera normaler Hunde.

No. der Hunde	Tropfenzahl.
1. Hund	24,3
	24,2
2. „	24,0
	24,2
3. „	24,2
	24,5
	24,0
4. „	24,1
	24,0
5. „	24,5
	24,0

6. Hund	24,4
	24,6
7. „	24,3
	24,4
8. „	24,3
	24,1
9. „	23,9

Ausserdem hatte ich Gelegenheit menschliches Serum, das durch die Aderlässe aus der Armvene bei 2 weiblichen Individuen gewonnen worden war, zu untersuchen. Bei dem Serum der einen Person fanden sich die Tropfenzahlen

23,7
23,8

bei der Anderen, die zweimal an verschiedenen Tagen zur Ader gelassen wurde, fanden sich Tropfenzahlen

23,9
24,0

bezw. 24,0
24,0

Aus den mitgeteilten Tabellen ergibt sich, dass die Oberflächenspannung des normalen Blutserums und somit auch des Blutes eine auffallend konstante Grösse darstellt. Das gilt ebensowohl für das Blut verschiedener Individuen derselben Species, wie auch für dasjenige verschiedener Tierarten (Kaninchen, Hund) und des Menschen.

Nach diesen Untersuchungen bin ich dazu übergegangen die Oberflächenspannung des Serums unter pathologischen Verhältnissen zu bestimmen. Und zwar bestimmte ich die Veränderung, die die Oberflächenspannung des Serums bei der experimentell erzeugten Urämie erleidet.

Versuch 1: Einem Kaninchen wurden am 7. 5. 05 beide Nieren exstipiert. Vor der Exstirpation wurde ein

Aderlass aus der a. cruralis gemacht; das Blutserum zeigte eine Tropfenzahl von

24,0
23,9

Am 10. 5. wurde abermals ein Aderlass gemacht und das Serum untersucht. Die Tropfenzahl des urämischen Serums betrug:

26,0
25,9

Versuch 2: Versuchsanordnung wie bei Versuch 1. Tropfenzahl des normalen Serums

24,0
24,2

Nephrectomie am 7. 5., 2ter Aderlass am 10. 5. Tropfenzahl des urämischen Serums:

25,7
25,9

Versuch 3: Versuchsanordnung wie bei Versuch 1. Tropfenzahl des normalen Serums:

23,9
23,7

Nierenexstirpation am 27. 4. 05. 2ter Aderlass am 30. 4. Tropfenzahl des urämischen Serums:

25,1
25,0

Versuch 4: Versuchsanordnung wie bei Versuch 1. Nephrectomie. Tropfenzahl des normalen Serums:

24,2
24,3

2ter Aderlass nach 2 Tagen. Tropfenzahl des urämischen Serums:

26,8
26,8

Versuch 5: Einem Kaninchen wurde ein Aderlass gemacht, danach erhielt das Tier an diesem und den folgenden Tagen je 1 subcutane 1 ccm-Spritze einer 1 % Urannitratlösung. 2 Tage später wurde abermals ein Aderlass gemacht; im Urin war Eiweiss nachweisbar und die mikroskopische Untersuchung der Niere zeigte das Bild einer Glomerulonephritis. Tropfenzahl des normalen Blutserums:

23,9
23,7

Tropfenzahl des urämischen Serums:

24,9
24,9

Versuch 6: Versuchsanordnung wie bei Versuch 5. Tropfenzahl des normalen Serums:

24,0
24,0

Urämisches Serum zeigte eine Tropfenzahl:

25,9
25,7

Versuch 7: Versuchsanordnung wie bei Versuch 5. Tropfenzahl des normalen Serums:

24,0
24,2

Tropfenzahl des urämischen Blutserums:

24,8
24,8

Versuch 8: Einem normalen Hunde (A) wurde ein Aderlass aus der a. cruralis gemacht. Darauf nahm man bei ihm die doppelseitige Nierenexstirpation vor. Das normale Serum ergab die Tropfenzahlen:

24,3
24,1

2 Tage nach der Nierenexstirpation wurde abermals ein Aderlass vorgenommen. Das urämische Serum zeigte folgende Tropfenzahlen:

25,5
25,7

Versuch 9: Einem normalen Hunde (B) wurde durch Aderlass Blut entnommen. Die Tropfenzahlen des normalen Serums waren:

24,3
24,4

Dann wurden beide Nieren exstirpiert; 3 Tage später starb der Hund, aus dem Herzen wurde Blut entnommen, zentrifugiert, filtriert und untersucht. Die Tropfenzahlen dieses urämischen Blutes betrugen:

26,3
26,1

Versuch 10: Bei einem Hunde (C) ergab sich 24 Stunden nach der doppelseitigen Nierenexstirpation eine Tropfenzahl für das Blutserum von:

25,3
25,2

Aus diesen Versuchen ergibt sich, dass bei der durch doppelseitige Nierenexstirpation experimentell erzeugten Urämie die Oberflächenspannung des Blutes abnimmt; bei der durch subcutane Urannitratinjectionen hervorgerufenen Urämie ist diese Veränderung etwas weniger deutlich, aber gleichviel auch nachweisbar.

Da wir noch später sehen werden, dass die Oberflächenspannung der Galle sehr viel geringer ist als diejenige des Blutes, war es wahrscheinlich, dass dann, wenn sich Gallenbestandteile unter pathologischen Verhältnissen, wie es z. B. beim Icterus der Fall ist, dem Blute beimischen, die Oberflächenspannung des Blutes abnehmen würde.

Um diese Annahme zu verifizieren, stellte ich folgenden Versuch an. Einem Hunde wurde der ductus choledochus unterbunden, die Gallenblase ligiert und so ein Icterus hervorgerufen.

Nach einigen Wochen war der Hund vollständig gelb und der Urin reich an Gallenfarbstoffen. An zwei verschiedenen Tagen wurden Aderlässe gemacht, um die Oberflächenspannung des Blutserums zu bestimmen. Das zuerst entnommene Serum hatte eine Tropfenzahl von 27,2 bezw. 27,5, des zweite entnommene Serum eine solche von 27,0 bezw. 27,2. Daraus geht also hervor, dass beim Icterus die Oberflächenspannung des Blutes sich bedeutend vermindert.

Die Oberflächenspannung verschiedener Sekrete unter normalen und pathologischen Verhältnissen.

Eine weitere Versuchsreihe hatte zum Vorwurf das Studium der Oberflächenspannung verschiedener Sekrete unter normalen und pathologischen Verhältnissen.

Ich wende mich zunächst zu den Beobachtungen, die ich am Magensaft gemacht habe.

In der oben zitierten Arbeit von S. Traube und F. Blumenthal studierten die Autoren die Oberflächenspannung einer Reihe normaler und pathologischer Mageninhalte vom Menschen, die durch Ausheberung gewonnen wurde.

Es zeigte sich, dass die Peptonbildung im Magen die Oberflächenspannung des Mageninhalts verkleinert. Ferner fanden sie, dass unter normalen Verhältnissen, oder auch bei leichten Störungen, wie Hyperacidität etc. die Oberflächenspannung der verschiedensten unter gleichen Bedingungen entnommenen Mageninhalte sich nur wenig unterscheidet. Bei schwereren Magenerkrankungen dagegen zeigte sich eine deutliche Verminderung der Oberflächenspannung des ausgeheberten Mageninhaltes. Traube und Blumenthal meinen, dass diese Veränderung auf einer Mehrbildung von Peptonen

oder auf einer Entstehung von anderen Stoffen, wie Milchsäure, Fettsäure etc. beruht.

Alle diese Untersuchungen vermochten uns aber keinen Aufschluss über die Oberflächenspannung des reinen Magensaftes unter normalen und pathologischen Verhältnissen zu geben. Und doch kam es gerade auf die Kenntnis dieser Eigenschaft des reinen, von Speisen unvermischten Sekretes an, wofern man überhaupt hoffen dürfte aus diesen physikalisch-chemischen Verhältnissen Aufschlüsse zu erhalten über die normale und pathologische Physiologie der Magensaftsekretion. Ich habe daher eine Reihe von Untersuchungen über die Oberflächenspannung des reinen Magensaftes angestellt.

Der Magensaft wurde gewonnen von Hunden, denen nach der Pawlow'schen Methode ein sogenannter Magenblindsack angelegt worden war, oder ich untersuchte das Sekret, das bei sogenannten Scheinfütterungsversuchen gewonnen wurde.

Zunächst teile ich Versuche mit, die an Magenblindsackhunden angestellt worden waren. Ich bestimmte die Oberflächenspannung eines Gemisches von Magensaft, der im Laufe der Zeit von einem solchen Hunde bei verschiedenartiger Ernährung gesammelt worden war. Bei den Experimenten wurde das nämliche Stalagmometer, wie bei den früheren Versuchen benutzt; für destilliertes Wasser zeigte es bei Zimmertemperatur die Tropfenzahl 21,1 an. Die genannte Mischung von Magensaft hatte die Tropfenzahl 23,5.

Weiterhin wurde die Oberflächenspannung verschiedener Saftportionen, die während einer Verdauungsperiode abgesondert wurden, bestimmt.

Versuch 1. Hund (Leo) erhält nüchtern 1 Pfund Pferdefleisch.

Zeit	Saftmenge	Tropfenzahl	Ga.	△	K bei 25° C
10—11.30	5.9 ccm	26.9	55	-1,14	0,01959
11.30—1.00	13 „	26.6	80	-0,81	0,04330

Versuch 2. Hund (Leo) erhält nüchtern 1 Pfund Pferdefleisch.

Zeit	Saft	Tropfenzahl
10.30—11.30	6.2 ccm	27.8
11.30—12.30	10.0 „	26.0
12.30— 1.30	12.0 „	26.8
1.30— 2.30	11.0 „	27.0
2.30— 3.30	7,0 „	27.0

Versuch 3. Hund (Leo) erhält 250 gr Pferdefleisch.

Zeit	Tropfenzahl	Ga.	K bei 25_0 C.
10.00—10.15	28.9	60	—
10.15—12.45	27.0	60	—
12.45—bekommt d. Hund 10% Lös. v. Liebigs Fleischextrakt.			
12.45— 2.00	25.7	95	0.03103
2.15— 3.00	25 9	105	0.03237

Versuch 4. Hund (Lucie) erhält 10 gr Liebigs Fleischextrakt in 200 ccm destilliertem Wasser aufgekocht.

Zeit	Saft	Tropfenzahl	Ga.
10.15—11.15	7.0 ccm	26 5	100.0
11.15—12.15	7.0 „	26.7	75.0
12.15— 1.15	9.2 „	26.8	65.0
1.15— 2.15	7.6 „	26.9	75.0
2.15— 3.15	6.0 „	—	—

Versuch 5. Hund (Lucie) erhält nüchtern 300 ccm Milch.

Zeit	Saft	Tropfenzahl	Ga.	△	K bei 25° C.
10.00—11.15	—	29.6	60	—	0.01450
11.15—12.45	—	28.8	65	—	0.01580
12.45— 3.00	—	27.9	55	-0.50	0.01450

Versuch 6. Hund (Leo) erhält 500 ccm Milch.

Zeit	Saftmenge	Tropfenzahl
10.00—11.00	4.2 ccm	26.0
11.00—12.00	3.0 „	
12.00— 1.00	8.2 „	
1.00— 2.00	7.4 „	25.7
2.00— 3.00	4.7 „	

Aus den mitgeteilten Versuchen ergibt sich, dass unter normalen Verhältnissen die Oberflächenspannung des zu verschiedenen Phasen einer Verdauungsperiode abgesonderten reinen Magensaftes als keine konstante Grösse angesehen werden darf, sondern innerhalb gewisser Grenzen schwankt.

Ferner zeigt sich, dass die Art und Weise der Ernährung auf die Oberflächenspannung dieses Sekretes keinen nennenswerten Einfluss ausübt. Dass endlich die Oberflächenspannung zur elektrischen Leitfähigkeit und zum Gefrierpunkt in keinem konstanten Verhältnis steht, lassen gleichfalls die mitgeteilten Versuche erkennen.

In einer weiteren Serie von Experimenten untersuchte ich, wie sich die Oberflächenspannung des fertig gebildeten Magensaftes verändert, wenn derselbe sich mit den Ingestis bezw. mit anderen Verdauungssäften mischt, und die Magenverdauung eingeleitet wird. Zusatz von Speichel zu reinem Magensaft verändert die Oberflächenspannung, wie sich aus folgendem Versuche ergibt, nicht. Der reine Magensaft zeigte eine Tropfenzahl von 25,6, nach Zusatz von Speichel betrug dieselbe 25,5.

Da bekanntlich nicht selten (besonders bei Insuffiecenz des Pylorus) Galle rückläufig in den Magen eintritt, habe

ich untersucht, wie dadurch die Oberflächenspannung des Magensaftes verändert werden kann.

Zu 5 ccm Magensaft, dessen Tropfenzahl 23,5 betrug, wurde ca. $^1/_2$ ccm Galle aus der Gallenblase eines Hundes zugesetzt. Die Tropfenzahl dieses Gemisches stieg auf 35,8.

Der Einfluss der Verdauungsvorgänge auf die Oberflächenspannung des Magensaftes erhellt aus folgenden Versuchen.

4 Reagenzgläser mit je 5 ccm Magensaft (Tropfenzahl 23,5) werden 24 Stunden in den Brutschrank bei 37,5° C. gesetzt, nach dem man zu 2 dieser Proben je ein Scheibchen coaguliertes Hühnereiereiweiss von der Grösse eines $^1/_2$ ccm zugefügt hat.

Die Tropfenzahl der Proben ohne Eiweiss betrug 23,0 bezw. 23,5 dagegen diejenige der Proben mit Eiweiss, das stark angedaut war, betrug 27,8 bezw. 27,5.

In entsprechender Weise wurde ein Versuch mit fettreicher Nahrung angestellt.

Es wurden 3 Reagenzgläschen mit je 10 ccm Magensaft mit Gummistopfen gut verschlossen in den Brutschrank auf 24 Stunden bei 37,5° C. gestellt; zu zweien war je ein Würfel Speck von $^1/_2$ ccm^3 Grösse gethan worden. Auch hier erhob sich die Tropfenzahl von 23,5 auf 25,7 bezw. 25,8, während die Kontrollprobe die Zahl 23,2 anzeigte.

Dass der Zucker auf die Oberflächenspannung des Magensaftes keinen nennenswerten Einfluss hat, illustriert folgender Versuch. Es wurde reiner Magensaft (Tropfenzahl 25,6) mit Traubenzucker versetzt. Danach betrug die Tropfenzahl 25,2.

Aus diesen Versuchen ergibt sich, dass eine Vermischung des Magensaftes mit Galle genügt, um eine bedeutende Veränderung der Oberflächenspannung hervorzurufen.

Ferner sehen wir, worauf auch schon Traube hingewiesen hat, dass die bei der Magenverdauung sich ein-

stellende Peptonisierung die Tropfenzahl vermehrt bezw. die Oberflächenspannung vermindert.

Nachdem ich so die Oberflächenspannung des Magensaftes unter normalen Verhältnissen untersucht hatte, war es von Interesse, festzustellen, ob bei Erkrankungen der Magenschleimhaut der dabei secernierte reine Saft Veränderungen in der Oberflächenspannung erfährt. Ich stellte folgenden Versuch zur Klärung dieser Frage an.

Bei dem Hunde (Leo) wurde als Normalwert für die Oberflächenspannung des auf die Gabe von 500 ccm Milch hin secernierten Saftes des kleinen Magens eine Tropfenzahl von 25,7—26,0 konstatiert. Am übernächsten Tage wurde der kleine Magen des Tieres mit Höllensteinstift bestrichen, gleichzeitig bekam der Hund 500 ccm Milch.

In den folgenden beiden Tabellen ist die auf dieselbe Nahrung secernierte Saftmenge beim gesunden und kranken Magen dargestellt.

Saftmengen nach der Gabe von 500 ccm Milch bei normalem Magen (Hund Leo).

Zeit	Saftmenge
10—11	4.2 ccm
11—12	3.0 „
12— 1	8.2 „
1— 2	7.4 „
2— 3	4.4 „

Saftmengen nach der Gabe von 500 ccm Milch bei krankem Magen (Hund Leo).

Zeit	Saftmenge
10—11	27.2 ccm
11—12	22.0 „
12— 1	17.0 „
1— 2	16.0 „
2— 3	16.0 „

Aus dieser Tabelle ist ersichtlich, dass durch die Lapispinselung ein Zustand erhöhter Reizbarkeit der Magendrüsen hervorgerufen wurde. Zur Charakterisierung dieses Krankheitsbildes sei noch angefügt, dass der Saft an diesem, wie an den folgenden Tagen reichlich Schleim beigemengt enthielt und dass, wie aus den nächstehenden Versuchsprotokollen sich ergibt, die Grösse der auf die gleiche Nahrung

secernierten Saftmenge in der Folgezeit allmählich zu dem Normalwert zurückkehrte.

1. Versuch am 6. 4. 05. Hund (Leo). Beizung des kleinen Magens mit Lapisstift. Gabe von 500 gr Milch in den grossen Magen.

Zeit	Saftmenge	Ga.	△	K bis 25° C.	Tropfenzahl
10–11	27.2 ccm	35	-0.70°	0.01229	30.6
11—12	22.0 „	25	-0.50°	0.01374	30.8
12—1.00	17.0 „	20	—	—	31.1
1.00—2.00	16.0 „	10	—	—	32.9
2.00—3.00	16.0 „	5	—	dicker blutiger Schleim.	

2. Versuch am 7. 4. Hund (Leo). Gabe von 500 ccm Milch in den grossen Magen um 9 Uhr morgens.

Zeit	Saftmenge	Ga.	Tropfenzahl
9.30—10.30	16.0 ccm	35	28.8
10.30—11.30	6.5 „		
11.30—12.30	4.6 „		29.9
12.30— 1.30	3.8 „	25	

3. Versuch am 8. 4. Hund (Leo). Gabe von 500 ccm Milch in den grossen Magen um 10 Uhr morgens.

Zeit	Saftmenge	Ga.	Tropfenzahl
10 —11.00	11.2 ccm	50	26.8
11.00—12.00	6.0 „	50	26.7
12.00— 1.00	4.6 „	45	
1.00— 2.00	4.6 „		26.8
2.00— 3.30	6.8 „	zum grössten Teil dicker Schleim.	

4. Versuch am 10. 4. Hund (Leo). Gabe von 500 ccm Milch.

Zeit	Saftmenge	Ga.	Tropfenzahl
10.00—11.00	7.8 ccm.	55	26.7

11.00—12.00	6.0	„		
12.00— 1.00	5.0	„	60	26.8
1.00— 2.30	6.0	„	dicker Schleim.	

Aus diesen Versuchen geht hervor, dass die Oberflächenspannung des reinen Magensaftes bei dem durch die Lapisätzung hervorgerufenen Reizzustand der Magenschleimhaut eine abnorm niedrige ist. Im Verlaufe der folgenden Tage kehrt mit Zurückgehen des Reizzustandes die Oberflächenspannung allmählich zu ihrer normalen Höhe zurück.

Wenn wir die Ergebnisse aller mitgeteilter Versuche zusammenfassen, so sind es 2 Punkte, die sich daraus ergeben und die bei der Bewertung der Oberflächenspannung des Magensaftes zu berücksichtigen sind.

Erstlich können Saftmassen abgesondert werden, die schon von vornherein bei ihrer Entstehung verschiedene Oberflächenspannungen besitzen und zweitens, kann die Oberflächenspannung des fertig gebildeten Magensaftes, wie schon Traube und Blumenthal erkannten, dadurch verändert werden, dass fremdartige Substanzen wie z. B. Galle, Speisen oder Produkte der Magenverdauung dem reinen Sekrete beigemischt werden.

Während bei den Versuchen mit Magenblindsackhunden lediglich dasjenige Sekret analysiert werden konnte, das reflektorisch von der aus dem Fundusteil des Magens gebildeten Schleimhaut des kleinen Magens abgeschieden wurde, war es bei den Scheinfütterungsversuchen möglich, reflektorisch abgeschiedenes Sekret der ganzen Magenschleimhaut zur Untersuchung zu erhalten.

Die Versuche stellte ich so an, dass portionenweise von 5 zu 5 Minuten der auf 5 minutenlange Scheinfütterung hin abgeschiedene Magensaft gesammelt und davon die Oberflächenspannung bestimmt wurde.

Versuch 1.

I Portion	9.8 ccm	Tropfenzahl	25.8
			26.0
II „	8.6 „	„	25.8
			25.7
III „	6.0 „	„	—
IV „	5.2 „	„	25.4
V „	4.8 „	„	24.8
VI „	4.2 „	„	24.8
VII „	3,8 „	„	25,0
VIII „	2,4 „	„	25,0

Bei einem zweiten Versuche, der ebenso bei einem anderen Hunde angestellt wurde, hatte ich folgende Resultate:

I. Portion	25,8	Tropfenzahl	
	26,1		
II. „	25,8		
	25,7		
III. „	25,4		
	25,5		
IV. „	25,8		
	25,6		

Ich hatte ferner Gelegenheit den bei Scheinfütterungsversuchen an einem erwachsenen Menschen erhaltenen Magensaft zu untersuchen. Es handelte sich um ein 23-jähriges Mädchen mit gesunder Magenschleimhaut, das sich vor 8 Jahren durch eine Laugenvergiftung eine complette Oesophagusstrictur zugezogen hatte.

Es war ihm damals eine Magenfistel angelegt worden. 8 Jahre nach dieser Operation wurde bei ihm von Herrn Professor Dr. Glück die Oesophagotomie aus therapeutischen Gründen vorgenommen, das untere Ende des Oesophagus vernäht und mit dem oberen Ende am Halse eine Oesophagusfistel gebildet. Bei diesem Mädchen war also genau dieselbe Versuchsanordnung wie bei dem Scheinfütterungshunde ge-

geben. Ich sammelte genau wie bei den Hunden portionenweise den Magensaft der auf 10 minutenlange Scheinfütterung mit deutschem Beafsteak und Wirsingkohl abgeschieden wurde.

Die Tropfenzahl der verschiedenen Saftportionen betrug bei solchen Versuchen:

I. Portion	28,8	(Versuch 1)
	28,2	
II. „	27,3	
	27,7	
III. „	27,0	
	26,8	
I. „	27,4	(Versuch 2)
	27,0	
II. „	26,8	
III. „	26,3	
	26,0	
IV. „	26,0	
	25,9	
I. „	27,0	(Versuch 3)
	26,8	
II. „	27,7	
III. „	25,8	

Endlich hatte ich noch Gelegenheit das nüchterne Magensekret eines Menschen mit Reichmann'scher Krankheit zu untersuchen. Ich fand bei 2 Saftportionen, die an zwei verschiedenen Tagen ausgehebert waren, folgende Tropfenzahlen:

I. Portion	25,3
	25,3
II. „	26,3
	26,2

Aus allen diesen Beobachtungen ergibt sich, dass auch der bei dem Scheinfütterungsverfahren gewonnene Saft der ganzen Magenschleimhaut eine Oberflächenspan-

nung besitzt, die innerhalb gewisser Grenzen schwankt. Das gilt für den Magensaft des Hundes ebensowohl wie für diejenigen des Menschen und zwar hier in gleicher Weise für das normale Sekret, wie für dasjenige, das sich bei Hypersecretion im nüchternen Magen angesammelt hatte.

Von anderen Sekreten des Körpers habe ich noch die Oberflächenspannung der normalen Galle und des Pankreassaftes untersucht.

Ich teile hier die erhaltenen Werte mit. Galle wurde aus der Gallenblase eines gesunden Hundes entnommen. Die Tropfenzahl betrug

35,4
35,8

Den Pankreassaft erhielt ich von einem Hunde mit Dauerfistel des Pankreasganges nach der Pawlowschen Methode.

Versuch 1.

Der Hund erhielt 150 ccm Milch per os; der darauf sich abscheidende Pankreassaft wurde in zwei aufeinanderfolgenden Portionen aufgefangen.

I. Portion:

30,1 Tropfen
30,3 „

II. Portion:

30,4 Tropfen
30,3 „

Versuch 2.

Der auf 150 ccm Milch und 10 gr Brot abgeschiedene Saft wurde in toto gesammelt.

Er zeigte eine Tropfenzahl von

28,9
28,9

Versuch 3. Der auf 150 ccm Milch und 10 gr Brot abgeschiedene Saft wurde gesammelt und die Oberflächenspannung bestimmt.

Tropfenzahl: 29,8
29,8

Versuch 4. Der auf 200 gr Milch und 15 gr Zwieback abgeschiedene Saft wurde untersucht.

Tropfenzahl: 30,4
30,0

Versuch 5. Der auf 500 gr Milch und 20 gr Brot abgeschiedene Pankreassaft zeigte die

Tropfenzahl: 27,2
27,0

Versuch 6. Der auf 500 ccm Milch und 50 gr Brot abgeschiedene Saft (15 ccm) hatte die

Tropfenzahl: 28,0
27,8

Bei menschlichem Speichel stellte ich eine Tropfenzahl von

23,6
23,4

fest.

Aus allen diesen Beobachtungen erhellt, dass die Oberflächenspannung des reinen Pankreassaftes ebenfalls innerhalb gewisser Grenzen schwankt und dass er sowohl wie der reine Magensaft und die Galle eine geringere Oberflächenflächenspannung als das Blut haben.

Traube und Blumenthal haben ferner Beobachtungen über die Oberflächenspannung des Urins unter normalen und pathologischen Verhältnissen mitgeteilt.

Es ist hier der Ort, kurz auf diese Angaben einzugehen. Normalerweise hat der Urin eine etwas geringere Oberflächenspannung als das Wasser. Eine konstante Grösse lässt die

Oberflächenspannung des Urins jedoch weder in der Norm erkennen, noch ist es möglich, aus den von Traube und Blumenthal mitgeteilten Werken bestimmte Beziehungen zwischen der Oberflächenspannung des Urins und den jeweiligen Krankheitszuständen (Diabetes melitus, Diabetes insipidus, Nephritis, Asthma bronchiale, Pneumonie, Lungentuberkulose, Gelenkrheumatismus, Chorea) abzuleiten. Nur scheint ein gewisser Parallelismus ganz im allgemeinen zwischen Oberflächenspannung des Urins und der Arbeitsfähigkeit der Nieren zu bestehen, indem eine verringerte Arbeitsfähigkeit der Nieren eine Erhöhung der Tropfenzahl bedingt. So findet man auch Differenzen in der Oberflächenspannung des von beiden Nieren abgesonderten Urins, wenn eine Niere allein erkrankt ist.

Bei der Untersuchung der Oberflächenspannung der Milch fanden Traube und Blumenthal, dass die Milch eine sehr viel geringere Oberflächenspannung als das Wasser hat, dass aber die Oberflächenspannung der Milch derselben Spezies, wie auch diejenigen verschiedener Spezies (Menschen- und Kuhmilch) nicht sehr viel differiert.

Die Oberflächenspannung von Exsudaten, Transsudaten und Gewebsflüssigkeit.

Zum Schluss möchte ich noch einige Beobachtungen mitteilen, die ich über die Oberflächenspannung des Ascites und der Gewebsflüssigkeit angestellt habe.

Den Ascites erzeugte ich nach der Methode von Richter durch subcutane Urannitratinjektionen. Ich verfüge über zwei derartige Versuche. Die Tropfenzahl des Ascites betrug bei einem Versuch 23,5, die in der Pleurahöhle gleichfalls vorhandene Flüssigkeit hatte eine Tropfenzahl von 23,6.

Das Blutserum desselben Kaninchens zeigte die Tropfenzahl 24,4.

Bei einem anderen Versuche betrug die Tropfenzahl des Ascites 23,3.

Bei einem Kaninchen, bei dem spontan aus unbekannter Ursache Ascites entstanden war, betrug die Tropfenzahl desselben 23,5.

Ich habe ferner die Oberflächenspannung von Gewebspressäften untersucht und zwar um einen ungefähren Ueberblick, wie sich die Oberflächenspannung der Gewebsflüssigkeit zum Blutserum bezw. zu den Sekreten verhält. Es hat sich dabei herausgestellt, dass die Oberflächenspannung der Gewebsflüssigkeit sehr viel geringer ist, als diejenige des Blutserums, dagegen durchaus mit derjenigen der Sekrete des Körpers konkurriert.

Versuch 1. Ein normales Kaninchen wird durch Verblutung getötet, das Fell abgezogen und die Weichteile werden abpräpariert und unter die Handpresse gebracht, der daraufhin ausgepresste Saft gesammelt und untersucht. Die Tropfenzahl der ersten Portion des Saftes betrug:

30,3

die der dritten

30,3
30,3

die der zweiten

30,3
30,4

die der dritten

29,8
29,8

Versuch 2. Ein Kaninchen, das durch Uranitrat urämisch gemacht worden war, wurde durch Verbluten getötet und enthäutet, die Weichteile abpräpariert und in der Buchnerschen Presse gepresst. Der in drei Portionen aufgefangene Presssaft ergab eine Oberflächenspannung von

30,0 (1. Portion)
29,8 (2. Portion)
30,1 (3. Portion)

Ich füge hier an, dass bei Transsudaten und Exsudaten von Menschen von Traube und Blumenthal Werte für die Oberflächenspannung gefunden wurden, die durchaus im Rahmen derjenigen liegen, die diese Autoren für das menschliche Blut ermittelt haben.

Das stimmt durchaus mit meinen experimentellen Untersuchungen überein.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, an dieser Stelle meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. Bickel, unter dessen gütiger Leitung ich diese Arbeit ausgeführt habe, sowie dem Referenten Herrn Geh. Med.-Rat Prof. Dr. Orth meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Literatur.

Ostwald und Luther, Hand- und Hilfsbuch zur Ausführung physikalisch-chemischer Messungen. Leipzig 1902.

Th. Lohnstein, Zur Theorie des Abtropfens. 2 Abhandlungen Annalen der Physik. 1906. 4. Folge.

E. Buffa, Die Oberflächenspannung bei den serösen Flüssigkeiten. Giorn. R. Accad. di Med. di Torino 78. (Nach Maly's Jahresberichten 1903.)

Billard und Mally, Untersuchungen über die Oberflächenspannung des Harns. Centr. méd. et pharmac. 8. (Nach Maly's Jahresberichten 1903.)

Otto Grünbaum, Die Bestimmung von gallensauren Salzen im Urin. Journ. of phisiol. 30. XXVI—XXVII. (Nach Maly's Jahresberichten 1903.)

E. Bardier und J. Cluzet, Oberflächenspannung der Flüssigkeiten des Organismus. Compt. rend. soc. biolog. 54. (Nach Maly's Jahresberichten 1902.)

J. Traube, Theorie der Osmose und Narkose. (Pflügers Archiv 1904, Bd. 105.)

J. Traube, Der Oberflächendruck und seine Bedeutung im Organismus. (Pflügers Archiv, Bd. 105. 1904.)

J. Traube und Blumenthal, Der Oberflächendruck und seine Bedeutung in der klinischen Medizin. Zeitschrift für exper. Pathologie u. Therapie. 1905.

Thesen.

I.

Die Methode der Oberflächenspannung eignet sich für physiologische Versuche.

II.

Die Schwangerschaft wird wenig durch Uterusmyome gefährdet.

III.

Der Einfluss von Affekten auf die Magensaftsekretion beim Tiere stimmt mit demjenigen beim Menschen ungefähr überein.

Lebenslauf.

Verfasserin dieser Arbeit, Sara Kascher, mos. Konfession, ist im Jahre 1878 in Warschau geboren. Ihre Vorbildung hat sie daselbst und in Zürich genossen.

Im Jahre 1900 wurde sie an der Züricher Universität immatrikuliert, wo sie 3 Semester Naturwissenschaften und 5 Semester Medizin studierte. Im Jahre 1904 bestand sie das propädeutische Fakultätsexamen und bezog die Universität Berlin, um das medizinische Studium bis 1907 fortzusetzen.

Während ihrer Studienzeit besuchte sie die Vorlesungen, Kliniken und Kurse folgender Herren: Abeljanz, B. Baginsky, Bickel, Blumenthal, Borchardt, Breysig, Bruno, Bühler, Bumm, Dodel, Eichhorst, Ernst, Felix, Ficker, Förster, Gaule, Henkel, Heubner, Hildebrand, Höber, Kaiserling, Kleiner, Kraus, Krönlein, Lang, Lesser, Lewin, Martin, Meumann, E. Meyer, von Michel, W. Nagel, Olshausen, Pels-Leusden, Pick, Prochaska, Rubner, Ruge, Schlatter, Senator, Silex, Simmel, Werner, Westenhoeffer, Wyder.